

PCT

世界知的所有権機関  
国際事務局

特許協力条約に基づいて公開された国際出願



(51) 国際特許分類6

G01M 11/02, H01L 21/027

A1

(11) 国際公開番号

WO99/60361

(43) 国際公開日

1999年11月25日(25.11.99)

(21) 国際出願番号

PCT/JP99/02608

(22) 国際出願日

1999年5月19日(19.05.99)

(30) 優先権データ

特願平10/153915

1998年5月19日(19.05.98)

JP

(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について)

株式会社 ニコン(NIKON CORPORATION)[JP/JP]

〒100-0005 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 Tokyo, (JP)

(72) 発明者 ; および

(75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ)

竹内 仁(TAKEUCHI, Hitoshi)[JP/JP]

〒100-0005 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

株式会社 ニコン内 Tokyo, (JP)

(74) 代理人

弁理士 井上義雄, 外(INOUE, Yoshio et al.)

〒103-0027 東京都中央区日本橋3丁目1番4号

画廊ビル3階 Tokyo, (JP)

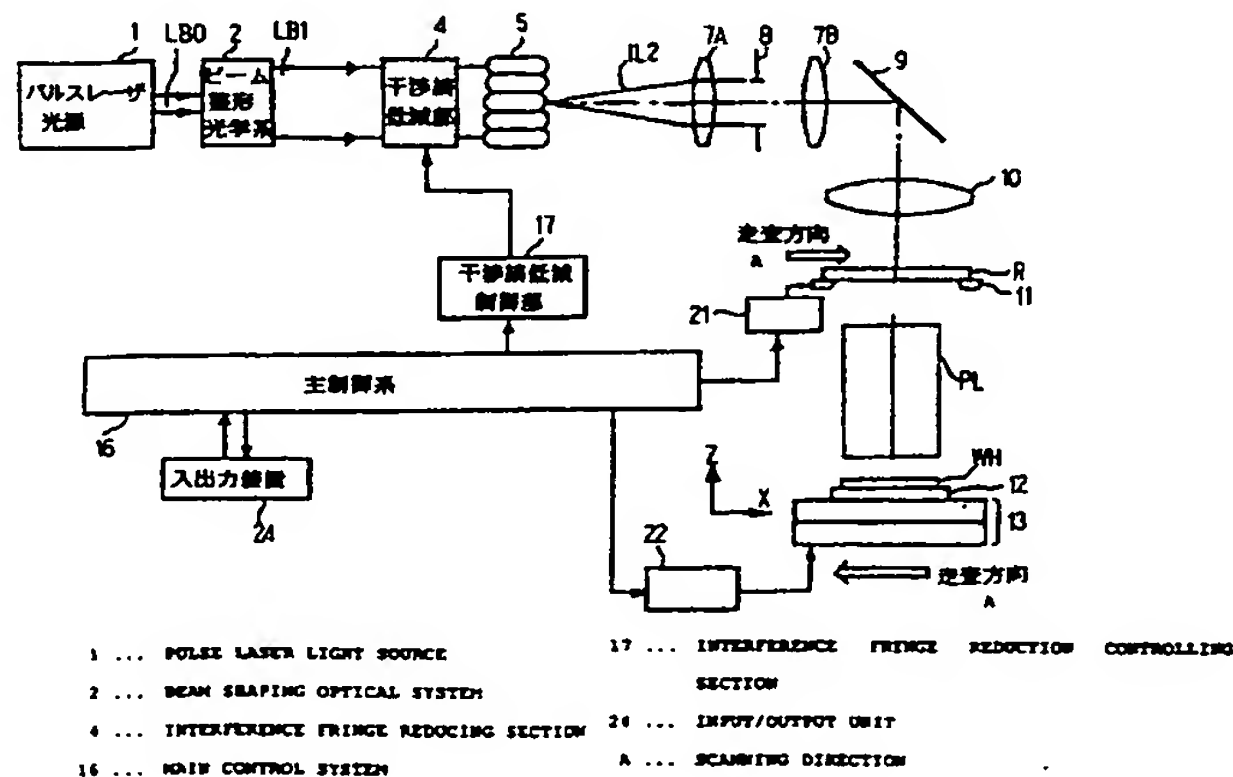
(81) 指定国 AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IS, JP, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), ARIPO特許 (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM)

添付公開書類

国際調査報告書

(54)Title: ABERRATION MEASURING INSTRUMENT AND MEASURING METHOD, PROJECTION EXPOSURE APPARATUS PROVIDED WITH THE INSTRUMENT AND DEVICE-MANUFACTURING METHOD USING THE MEASURING METHOD, AND EXPOSURE METHOD

(54)発明の名称 収差測定装置並びに測定方法及び該装置を備える投影露光装置並びに該方法を用いるデバイス製造方法、露光方法



### (57) Abstract

There are provided a focusing lens (L) for focusing a light beam passing through an object optical system (PL) onto a predetermined face (IP), an aperture stop (AP) for passing part of the light beam therethrough, a focusing position measuring section (DET) for measuring the deviation of the focusing position (P) of the part of the light beam, which has passed through the aperture stop, on the predetermined face (IP), a shifting section (M) for shifting the aperture stop in the direction crossing the optical axis of the light beam, and a calculating section (PC) for calculating the aberration of the object optical system (PL) based on the output signal from the focusing position measuring section (DET).

(57)要約

被検光学系 P L を通過した光束を所定面 I P 上に集光させる集光レンズ L と、光束の一部を通過させるための開口絞り A P と、所定面 I P 上における前記開口絞りを通した光束の一部の集光位置 P の位置ずれを検出する集光位置検出部 D E T と、前記開口絞りを前記光束の光軸と交差する方向に移動させる移動部 M と、前記集光位置検出部 D E T からの出力信号に基づいて前記被検光学系 P L の収差を算出する演算処理部 P C とを有する。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AL	アルバニア	EE	エストニア	LC	セントルシア	SD	スーダン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LK	スリ・ランカ	SG	シンガポール
AU	オーストラリア	FR	フランス	LR	リベリア	SI	スロヴェニア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LS	レソト	SK	スロヴァキア
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BB	バルバドス	GD	グレナダ	LU	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BE	ベルギー	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BF	ブルキナ・ファソ	GH	ガーナ	MA	モロッコ	TD	チャード
BG	ブルガリア	GM	ガンビア	MC	モナコ	TG	トーゴ
BJ	ベナン	GN	ギニア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BR	ブラジル	GW	ギニア・ビサウ	MG	マダガスカル	TZ	タンザニア
BY	ベラルーシ	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TM	トルクメニスタン
CA	カナダ	HR	クロアチア		共和国	TR	トルコ
CF	中央アフリカ	HU	ハンガリー	ML	マリ	TT	トリニダッド・トバゴ
CG	コンゴ	ID	インドネシア	MN	モンゴル	UA	ウクライナ
CH	スイス	IL	イスラエル	MR	モーリタニア	UG	ウガンダ
CI	コートジボアール	IN	インド	MW	マラウイ	US	米国
CM	カメルーン	IS	アイスランド	MX	メキシコ	UZ	ウズベキスタン
CN	中国	IT	イタリア	NE	ニジェール	VN	ヴェトナム
CR	コスタ・リカ	JP	日本	NL	オランダ	YU	ユーゴスラビア
CU	キューバ	KE	ケニア	NO	ノールウェー	ZA	南アフリカ共和国
CY	キプロス	KP	北朝鮮	NZ	ニュージーランド	ZW	ジンバブエ
CZ	チェッコ	KG	キルギスタン	PL	ポーランド		
DE	ドイツ	KR	韓国	PT	ポルトガル		
DK	デンマーク			RO	ルーマニア		

## 明 細 書

収差測定装置並びに測定方法及び該装置を備える投影露光装置並びに該方法を用いるデバイス製造方法、露光方法

## 5 技術分野

本発明は、被検光学系、特に半導体デバイスまたは液晶表示素子を製造する際に使用される投影露光装置等に備えられる投影光学系の波面収差、光学性能を測定する波面収差測定装置並びに測定方法及び該装置を備える投影露光装置並びに該方法を用いるデバイス製造方法に関する。

10 なお、本出願は日本国特許出願平成10年第153915を基礎として、それらの内容は引用文としてここに組み込まれる。

## 背景の技術

従来、被検光学系の波面収差を測定する場合は、干渉光学系を使用する  
15 方法がある。干渉光学系による方法は、測定対象である被検光学系を干渉光学系に組み込んで測定するものでトワイマン・グリーン型干渉計、フィゾー干渉計などが知られている。例えば、トワイマン・グリーン型干渉計は、レーザ光源からの光束をハーフミラーで2分割し、一方の光束は被検光学系を透過させ、他方の光束は参照光とする。そして、被検  
20 光学系を透過した光と参照光とを干渉させ、その干渉縞から被検光学系の収差を測定するものである。

また、被検光学系からの光の波面を測定する方法として S h a c k -  
H a r t m a n n (以下、「シャック・ハルトマン」という)方式と呼ば  
ばれるレンズアレイを用いる方法が知られている (パリティ V o l .  
25 0 5 , N o . 1 0 , 1 9 9 0 - 1 0 の P 3 7 ~ 3 9 ) 。このシャック・ハルトマン方式による波面測定は、天体からの波面の揺らぎを測定する

もので、第9図に示すように、まず被検光学系 $TL$ （ここでは望遠鏡を示す）を透過した波面（以下、「被検波面」という）をコリメータレンズ $CL$ にて平行光にする。そして、微小なレンズ $L'$ を2次元に配列したレンズ（以下「2次元レンズアレイ」という）に入射させる。ここで、  
5 被検波面が理想的な波面から偏差を有していると、該偏差は集光位置検出部 $DET$ 上で理想的な波面の集光位置と被検波面の集光位置のズレとして現れる。これにより、2次元レンズアレイの個々のレンズの集光点の位置ずれに基づいて、波面の測定をするものである。

しかし、上記従来技術では、以下の問題が生ずる。干渉計方式では、  
10 波面収差測定のための専用の干渉光学系装置が必要となる。該装置は波長オーダーの干渉を測定するため振動などの影響を受けやすいので、防振動台なども必要とする。このため、装置が大型化してしまい空間の使用効率が悪く問題である。

シャック・ハルトマン方式による波面測定は、前述したように、もと  
15 もと天体からの波面の揺らぎを測定することを主目的としているため、半導体デバイス等を製造するための投影露光装置に用いられるレンズの波面収差を測定できるものではなかった。

シャック・ハルトマン方式による波面測定では、高精度に2次元レンズアレイを用いるが、該レンズアレイの各々の精度にばらつきが存在すると、集光位置の検出精度も低下するので、波面を高精度に測定することができない可能性がある。

#### 発明の開示

本発明は上記問題に鑑みてなされたものであり、小型かつ製造容易で  
25 あり、波面収差を高精度に簡便に測定できる収差測定装置並びに測定方法及び該装置を備える投影露光装置並びに該方法を用いるデバイス製造

方法、露光方法を提供することを目的とする。

上記目的を達成するために、請求の範囲 1 記載の発明は、被検光学系 (P L) を通過した光束を所定面 (I P) 上に集光させる集光レンズ (L) と、

- 5     前記光束の一部を通過させるための開口絞り (A P) と、  
      前記開口絞りを前記光束の光軸 (A X) と交差する方向に移動させる移動部 (M) と、

      前記所定面上における前記開口絞りを通過した光束の一部の集光位置 (P) の位置ずれを検出する集光位置検出部 (D E T) と、

- 10    前記集光位置検出部からの出力信号に基づいて前記被検光学系の収差を算出する演算処理部 (P C) とを有することを特徴とする収差測定装置を提供する。

- 請求の範囲 2 記載の発明は、前記集光レンズは前記光束の一部を集光し、前記移動部は前記集光レンズと前記開口絞りとを一体として前記光  
15    束の光軸と交差する方向に移動させることを特徴とする。

      請求の範囲 3 記載の発明は、マスク (R) に形成された所定の回路パターンの像を基板 (W H) 上に転写する投影光学系 (P L) の収差を測定する収差測定装置において、

- 前記投影光学系に収差測定用の光を射出する収差測定光学系 (P H)  
20    と、

      前記投影光学系を通過した収差測定用の光を集光する複数のレンズ素子 (L') と、

      前記複数のレンズ素子で集光された光の位置をそれぞれ検出する集光位置検出部 (D E T) と、

- 25    前記集光位置検出部で検出された前記光の位置に基づいて、前記投影光学系の収差を測定する測定部 (P C) とを有することを特徴とする収

差測定装置を提供する。ここで、収差測定光学系とは、後述するレチクル又はステージのピンホール又は光を拡散させて透過させる透過部材などをいう。

請求の範囲 4 記載の発明は、前記収差測定光学系は、前記所定の回路  
5 パターンが形成されたマスク（R）と略同じ位置に配置され、ピンホールパターンを備える収差測定用マスクと、前記収差測定用マスクを照明する照明光学系（1乃至10）とを備えることを特徴とする。

請求の範囲 5 記載の発明は、前記照明光学系は、前記所定の回路パターンを照明する照明光学系（1乃至10）であることを特徴とする。

10 請求の範囲 6 に記載の発明は、被検光学系（PL）を通過した光束を集光レンズ（L）により所定面（IP）上に集光させる集光工程と、

前記光束の一部を開口絞り（AP）により通過させる工程と、

前記開口絞りを前記光束の光軸（AX）と交差する方向に移動させる移動工程と、

15 前記所定面上における前記開口絞りを通過した光束の一部の集光位置（P）の位置ずれを集光位置検出部（DET）により検出する集光位置検出工程と、

前記集光位置検出工程で得られた出力信号に基づいて前記被検光学系の収差を算出する演算処理工程とからなることを特徴とする収差測定方法  
20 を提供する。

請求の範囲 7 記載の発明は、前記集光工程では前記光束の一部を集光し、前記移動工程では、前記集光レンズと前記開口絞りとを一体として前記光束の光軸と交差する方向に移動させることを特徴とする。

請求の範囲 8 記載の発明は、マスク（R）に形成された所定の回路パターン  
25 ターンの像を基板（WH）上に形成する投影光学系（PL）の収差を測定する収差測定方法において、

前記投影光学系を通過した収差測定用の光を複数のレンズ素子（L'）で集光し、

前記複数のレンズ素子で集光された光の位置をそれぞれ検出し、

検出された前記光の位置に基づいて、前記投影光学系の収差を測定する  
5 ことを特徴とする収差測定方法を提供する。

請求の範囲 9 記載の発明は、前記収差測定用の光は、前記マスクが配置される位置と略同じ位置に配置された収差測定用マスク上のピンホールパターン（PH）からの光であることを特徴とする。

請求の範囲 10 記載の発明は、所定の回路パターンを照明する照明光  
10 学系（1乃至10）と、

照明された該回路パターンの像を基板（WH）上に形成する投影光学系（PL）と、

該投影光学系の収差を測定するための請求の範囲 1 記載の収差測定装置とを有することを特徴とする投影露光装置を提供する。

15 請求の範囲 11 記載の発明は、所定の回路パターンを有するマスク（R）を照明する照明光学系（1乃至10）と、

前記マスクを支持するステージ（11）と、

照明された該回路パターンの像を基板上に形成する投影光学系（PL）と、

20 該投影光学系の収差を測定するための請求の範囲 1 記載の波面収差測定装置とを有し、

前記ステージ又は前記マスクは前記投影光学系に対して収差測定用の光を発生する発生部材（PH）を備えていることを特徴とする投影露光装置を提供する。

25 請求の範囲 12 記載の発明は、前記発生部材は、前記照明光学系からの光を球面波に変換するピンホールパターン（PH）であることを特徴



とする。

請求の範囲 1 3 記載の発明は、前記発生部材は、前記照明光学系からの光を拡散して透過させる透過部材であることを特徴とする。

請求の範囲 1 4 記載の発明は、マスク (R) に形成された回路パターンの像を基板 (WH) 上に転写する投影光学系 (PL) を備える投影露光装置において、

前記投影光学系に収差測定用の光を射出する収差測定光学系 (PH) と、

前記投影光学系を通過した前記収差測定用の光を集光するための複数のレンズ素子 (L') と、

前記複数のレンズ素子で集光された光の位置をそれぞれ検出するための集光位置検出部 (DET) とを備えることを特徴とする投影露光装置を提供する。

請求の範囲 1 5 記載の発明は、前記収差測定光学系は、前記所定の回路パターンが形成されたマスク (R) と略同じ位置に配置され、ピンホールパターン (PH) を備える収差測定用マスクと、前記収差測定用マスクを照明する照明光学系 (1 乃至 10) とを備えることを特徴とする。

請求の範囲 1 6 記載の発明は、前記集光位置検出部からの検出結果に基づいて前記投影光学系を構成する少なくとも一の光学部材の位置を制御する制御部 (LC) とを有することを特徴とする。

請求の範囲 1 7 記載の発明は、前記基板を保持する基板ステージ部 (13) を有し、前記複数のレンズ素子及び前記集光位置検出部との少なくとも一方は、前記基板ステージ部に着脱自在に設けられていることを特徴とする。

請求の範囲 1 8 記載の発明は、所定の回路パターンの像を投影光学系 (PL) を用いて基板 (WH) に転写する工程を含むデバイス製造方法



であって、

請求の範囲 6 記載の収差測定方法を用いて前記投影光学系の収差を測定する工程とを含むことを特徴とするデバイス製造方法を提供する。

請求の範囲 1 9 記載の発明は、所定の回路パターンの像を投影光学系 (P L) を用いて基板に転写する工程を含むデバイス製造方法であって、

請求の範囲 8 記載の収差測定方法を用いて前記投影光学系の収差を測定する工程とを含むことを特徴とするデバイス製造方法を提供する。

請求の範囲 2 0 記載の発明は、前記所定の回路パターンを請求の範囲 1 1 記載の投影露光装置により前記基板上に投影露光することを特徴とする露光方法を提供する。

請求の範囲 2 1 記載の発明は、所定の回路パターンの像を投影光学系 (P L) を用いて基板 (W H) に転写する露光方法において、

前記基板に前記回路パターンを転写する前に、

前記投影光学系に収差測定用の光を入射し、

前記投影光学系を通過した収差測定用の光を複数のレンズ素子 (L') で集光し、

前記複数のレンズ素子で集光された光の位置をそれぞれ検出し、

検出された前記光の位置に基づいて、前記投影光学系の収差を測定し、

測定された収差に基づいて、前記投影光学系の収差を補正することを

特徴とする露光方法を提供する。

請求の範囲 2 2 記載の発明は、前記収差は、前記投影光学系の波面収差であることを特徴とする。

請求の範囲 2 3 記載の発明は、マスク (R) に形成されたパターンの像を基板 (W H) 上に転写する投影光学系 (P L) を備える露光装置において、請求の範囲 3 に記載の収差測定装置を着脱可能に保持する保持機構を備えることを特徴とする。

請求の範囲 2 4 記載の発明は、前記保持機構は、前記収差測定光学系を保持する第 1 の保持部材 (1 1) と、

前記複数のレンズ素子、前記集光位置検出部及び前記測定部を備えた測定ユニット (U T') を保持する第 2 の保持部材 (1 2, 1 3) とを  
5 有することを特徴とする。

請求の範囲 2 5 記載の発明は、前記第 1 の保持部材は、前記マスクを保持するマスクステージ (1 1) であり、

前記第 2 の保持部材は、前記基板を保持する基板ステージ (1 3) であることを特徴とする。

10 請求の範囲 2 6 記載の発明は、前記収差測定光学系は、収差測定用のピンホールパターン (P H) が形成された測定用マスク (R) であることを特徴とする。

請求の範囲 2 7 記載の発明は、マスク (R) に形成されたパターンの像を基板 (W H) 上に転写する投影光学系 (P L) の収差を測定する収  
15 差測定装置において、

前記マスクを保持するマスクステージ (1 1)、前記投影光学系及び前記基板を保持する基板ステージ (1 3) を備える露光装置に着脱可能に設けられる測定ユニット (U T') を有し、

前記測定ユニットは、前記投影光学系を通過した収差測定用の光を集  
20 光する複数のレンズ素子 (L') と、前記レンズ素子で集光された光の位置をそれぞれ検出する集光位置検出部 (D E T) と、前記集光位置検出部で検出された前記光の位置に基づいて、前記投影光学系の収差を測定する測定部 (P C) とを備えることを特徴とする収差測定装置を提供する。

25 請求の範囲 2 8 記載の発明は、前記投影光学系に収差測定用の光を射出する収差測定光学系 (P H) を有し、

前記測定ユニットは、前記基板ステージに着脱可能に保持され、

前記収差測定光学系は、前記マスクステージに設けられることを特徴とする。

請求の範囲 29 記載の発明は、マスク (R) に形成されたパターンの  
5 像を基板 (WH) 上に転写する露光装置が備える投影光学系 (PL) の  
収差測定方法において、

前記マスクと略同じ位置に、収差測定用の光を前記投影光学系に射出  
する収差測定光学系 (PH) を配置し、前記基板を保持する基板ステー  
ジ (13) に、前記投影光学系を通過した収差測定用の光を集光する複  
10 数のレンズ素子 (L') と、前記レンズ素子で集光された光の位置をそ  
れぞれ検出する集光位置検出部 (DET) と、前記集光位置検出部で検  
出された前記光の位置に基づいて、前記投影光学系の収差を測定する測  
定部 (PC) とを備える測定ユニット (UT') を取り付けられることを特  
徴とする収差測定方法を提供する。

15 請求の範囲 30 記載の発明は、前記投影光学系に収差測定用の光を射  
出した後に、前記収差測定光学系を取外し、

前記投影光学系の収差を測定した後に、前記測定ユニットを前記基板  
ステージから取外すことを特徴とする。

請求の範囲 31 記載の発明は、所定の回路パターンの像を投影光学系  
20 (PL) を用いて基板 (WH) に転写する露光方法において、

前記基板に前記回路パターンを転写する前に、請求の範囲 29 に記載  
の収差測定方法を用いて、前記投影光学系の収差を測定することを特徴  
とする。

請求の範囲 32 記載の発明は、所定の回路パターンの像を投影光学系  
25 (PL) を用いて基板 (WH) に転写する工程を含むデバイス製造方法  
において、

前記基板に前記回路パターンを転写する前に、請求の範囲 29 に記載の収差測定方法を用いて、前記投影光学系の収差を測定する工程を含むことを特徴とする。

## 5 図面の簡単な説明

第 1 図は、本発明の第 1 実施形態にかかる波面収差測定装置を用いる投影露光装置の構成を示す図である。

第 2 図は、第 1 図に示す投影露光装置のステージ近傍の拡大図である。

第 3 図は、本発明の実施形態にかかる波面収差測定装置の構成を示す  
10 図である。

第 4 A 図、4 B 図は、本発明の実施形態にかかる波面収差測定装置の変形例の構成を示す図である。

第 5 A 図、5 B 図、5 C 図は、測定位置により集光点 P の位置が変化する様子を示す図である。

15 第 6 図は、被検波面 W と波面の傾き W' との関係を示す概念図である。

第 7 図は、本発明の第 2 実施形態にかかる投影露光装置のステージ近傍の構成を示す図である。

第 8 図は、本発明の第 3 実施形態にかかる投影露光装置のステージ近傍の構成を示す図である。

20 第 9 図は、従来の波面収差測定装置の構成を示す図である。

## 実施形態

以下添付図面に基づいて本発明の実施の形態を説明する。

### (第 1 実施形態)

25 第 1 図は、後述する波面収差測定装置ユニット U T が着脱可能な投影露光装置の構成を示す図である。この投影露光装置により、回路パター

ンが形成された半導体デバイスが作成される。該投影露光装置の概略を説明する。レーザ光源 1 からの光束 L B 0 は、ビーム整形光学系 2 によりビーム整形され、略平行なレーザビームとなった L B 1 は、干渉縞を平均化する干渉縞低減部 4 を経てフライアイレンズ 5 に入射する。干渉  
5 縞低減部は、レチクル上での照度均一性を高めるものであり、その原理は本出願人による特開昭 5 9 - 2 2 6 3 1 7 号公報に開示されている。フライアイレンズ 5 を射出したレーザビーム I L 2 は、第 1 リレーレンズ 7 A を介して視野絞り 8 に入射する。レーザビーム I L 2 の断面形状は視野絞り 8 により整形される。視野絞り 8 はレチクル R のパターン形  
10 成面及びウエハ W H の露光面と共役な位置に配置されている。視野絞り 8 の開口部から射出されたレーザビーム I L 2 は、第 2 リレーレンズ 7 B、ミラー 9、コンデンサレンズ 1 0 を経て回路パターンが形成されたレチクル R (マスク) を照明する。レチクル R はステージ 1 1 上に載置されており、主制御系 1 6 からの指令に基づき、レチクルステージ制御  
15 部 2 1 がレチクルステージ 1 1 を駆動する。そして、照明されたレチクル R のパターンの像が、投影光学系 P L により基板であるウエハ W H 上に形成される。レチクル R を種々交換することにより、ウエハ W H 上に種々のパターンが順次形成されて半導体デバイスが作成される。ウエハ W H はウエハステージ 1 3 上のウエハホルダ 1 2 に真空チャックされて  
20 いる。また、ウエハステージ制御部 2 2 は該ステージ 1 3 を高精度に位置決めしつつ駆動制御する。また、入出力装置 2 4 は、投影露光装置本体とオペレータとのマンマシンインターフェースである。第 2 図は本投影露光装置のステージ近傍を拡大した図である。波面収差測定装置のユニット U T をステージ 1 3 上にウエハホルダ 1 2 を介して載置する。ユ  
25 ニット U T をウエハホルダ 1 2 上に載置する際、投影レンズ P L とウエハホルダ 1 2 との間隔を広げるためにステージ 1 3 を - Z 方向に駆動す

る。次に、ユニットUT（ここではユニットUTのうちコリメータレンズCL）が投影レンズPLに対向するように、ステージ制御部22でステージ13をX、Y方向に駆動する。なお、ここでは波面収差を測定する被検光学系として投影レンズPLを用いている。このように、ユニットUTを投影レンズPLに対向させた状態で、投影レンズPLの波面収差測定を行う。

第3図は本発明の第1実施形態にかかる波面収差測定装置ユニットUTの構成概略を示す図である。投影レンズPLの波面収差を本発明の波面収差測定装置ユニットUTを用いて測定する具体的構成を説明する。

10 なお、波面収差測定ユニットUTは前述のようにステージ13上のウェハホルダ12に載置される。投影レンズPLの波面を測定する際、波面収差計測用の光として、波面が球面波の光を投影レンズPLに入射させる。この球面波の光は、レチクルRが配置される位置（投影光学系の物体面）に、ピンホールパターンを備えるマスクを配置し、このマスクを

15 レーザビームIL2で照明することにより、ピンホールパターンから発生することができる。このマスクが収差測定用光学系を構成する。さらに、ピンホールパターンに代えて、点光源を用いてもよい。また、マスクを照明するレーザビームとして本実施形態では露光光源を用いているが、他の光源及び他の照明光学系を別途設けても良い。この球面波の光

20 は、投影レンズPLを入射させ、投影レンズPLから射出する。投影レンズPLから射出した光は、コリメータレンズCLで平行光にする。そして、集光レンズLで該平行光を集光し、レンズLの背後に配置された開口絞りであるアパーチャAPで一部のみを通過させる。アパーチャAPを通過した一部の光束は2次元CCDのような集光位置検出部DET

25 の撮像面IP上に集光点Pとして集光される。集光点Pの検出は、2次元CCDに限られず、1次元CCDを用いて走査すること、または1次



元CCDを回転すること、さらには単独の光センサを用いて2次元走査することにより検出してもよい。ここで、投影レンズPLに収差が存在する場合は、投影レンズPLに収差がない場合に比較して、集光点Pの位置が異なる。即ち、投影レンズPLに収差がない理想の集光点に対し、

5 投影レンズPLに収差が存在するときの集光点の位置がCCD面上で横ずれする。そして、移動部Mは、コリメータレンズCL、集光レンズLと集光位置検出部DETの相互の位置関係を維持したまま、被検波面全体を走査するようにアパーチャAPを移動する。かかる場合に、集光レンズL、アパーチャAPおよび検出部DETは一体のユニットUT内に

10 収納されていることが好ましい。また、投影レンズPLを透過した光の集光位置、すなわち撮像面IPはウエハWHの面と共役である。さらに、波面収差測定ユニットとは、ピンホールパターンが形成されたマスク又は点光源とレンズLと集光位置検出部DETとを含む構成をいう。

このように、移動部Mによって、コリメータレンズCL、集光レンズLと、集光位置検出部DETの相互関係を維持したまま、被検波面全体を走査するようにアパーチャAPを移動することにより、被検波面全体において、投影レンズPLに収差がない理想の集光点と、投影レンズPLに収差が存在するときの集光点とのCCD面上での横ずれを検出することができる。

20 なお、第1実施形態では、被検波面の中央部分（光軸AX近傍の光束）を集光するときは集光レンズLの中心部分を用い、被検波面の周辺部分（周辺の光束）を集光するときは集光レンズLの周辺部分を用いている。このように、集光レンズLを用いる部分が異なるので、該レンズLが収差を有する場合に、該収差が測定結果に影響するおそれがある。そこで、

25 集光レンズLの収差による影響を低減させるために、集光レンズLと、アパーチャAPとの相互の位置関係を維持したまま、コリメータレンズ



CL、検出部DETに対して移動させることが好ましい。但し、集光レンズLとして、第4A図に示すように被検波面の一部の光束を集光させる小口径レンズLを用いることがさらに好ましい。かかる小口径レンズLを用いた場合は、該レンズLを被検波面全体を走査するように移動部  
5 Mにより移動させる。

第4B図では、第4A図の変形例であり、ユニットUT内に収納されたレンズL、アパーチャAP及び検出部DETが相互の位置関係を維持したまま、被検波面全体を走査する構成である。レンズL、アパーチャAP及び検出部DETにより、測定系Sが構成され、測定系Sがユニッ  
10 トUT内で移動部Mにより移動する。この構成では、第4A図の検出部DETに対して、小型化できる。

次に、集光位置検出部DETからの出力信号に基づいて被検光学系の収差を算出する手順について説明する。波面収差測定装置として、第4B図に示す構成を用いた場合について説明する。第5A、5B、5  
15 C図は、被検波面の任意の領域内の3点の測定結果、即ち測定系Sを3点移動した場合の各々の検出部DET上の集光点Pの変化の様子を示している。ここで、撮像面IPの平面をX-Y平面としている。被検波面が理想的な波面、即ち無収差の波面（球面波）であれば、測定系Sを被検波面内のどこに移動しても集光点Pは検出部DETの中心Oにある。  
20 しかし、実際の被検波面は収差、つまり理想的な波面からの偏差（波面の傾きの差）を有している。したがって、第5A、5B、5C図に示すように、各集光点によって、その点における該偏差が検出部DET上の集光点Pの位置の変化（横ずれ）となって表れる。集光点Pの中心からの位置ずれは測定点における被検波面の微分情報に対応しているので、  
25 移動毎の各測定点における集光点Pの位置ずれから得られる値を被検波面全体について順次積分すれば被検光学系の収差を算出ことができる。

かかる算出手順の概念を第6図に示す。第6図は矢印方向に向かって、順次測定系Sを移動し、各移動点で次々と測定を行なう様子を示している。上述のように各測定点における波面 $W'$ の傾きによる集光点Pのずれ量を順次演算処理装置PCを用いて積分することで被検波面Wを算出  
5 できるので、被検光学系の収差を求めることができる。

第4A図の構成を用いて、被検光学系の収差を測定する場合は、撮像面IP上に複数の撮像領域を設定し、各撮像領域に対して、移動部MによりレンズL及びアパーチャAPを位置決めする。被検波面が理想的な波面の時にレンズLが集光する撮像領域の中心に対して、実際の被検波  
10 面では、レンズLが集光する集光点の位置の変化が検出する。この位置の変化量を検出することにより、収差を測定することができる。なお、被検波面Wの算出は、上述した内容と同じである。

このように、投影レンズPLによる結像面のうち、一点において、理想的な波面の各集光点に対する被検波面の各集光点の位置ずれを測定す  
15 ることにより、投影レンズPLの収差として、球面収差や非点隔差を求めることができる。

また、ユニットUTが投影レンズPLによる結像面の複数点に移動するようにステージ制御部22でステージ13を駆動する。そして、投影レンズPLの結像面内における複数点のそれぞれにおいて、ユニットU  
20 T内のレンズL及びアパーチャAP、又は測定系Sが被検波面全体を走査するように移動部Mを制御する。これにより、結像面内における複数点のそれぞれにおいて、理想的な波面の各集光点に対する被検波面の各集光点の位置ずれを測定することができ、投影レンズPLの収差として、コマ収差、像面湾曲、ディストーション、非点収差を求めることができ  
25 る。

なお、上記第1実施形態では、被検波面を平行光にするためにコリメ

ータレンズCLをユニットUTに組み込んでいるが、コリメータレンズCLをユニットUTとは異なるユニットに設けても良い。さらには、コリメータレンズCLを用いずに、被検光学系PLを透過した球面波の光をそのまま本装置で測定してもよいことは言うまでもない。

- 5      このように、ユニットUTをステージ13のウエハホルダ12上に載置し、ユニットUT内のレンズL及びアパーチャAP、又は測定系Sを移動部Mにより駆動することにより、簡便に投影レンズPLの波面収差を測定できる。投影レンズPLの波面収差を測定した後は、収差測定光学系（測定用マスク）をステージから取り外すと共に、ユニットUTを
- 10   ステージ13から取り外す。ステージ13からユニットUTを取り外すことにより、露光時に使用する際のステージ13が軽量化される。また、投影露光装置上で、露光光源を用いて測定できるので装置が小型なものになる。さらに、別の干渉計を用いて測定する場合に比較して空間的场所を必要とせず、また、レンズとして単一のレンズを用いているので高
- 15   精度に収差を測定できる。加えて、投影露光装置のステージ13上に本波面収差測定ユニットを搭載した状態で、この測定結果に基づいて投影レンズPLの調整を行なうことができる。このとき、自動レンズ調整手段等と組み合わせれば、波面収差の測定結果を該自動レンズ調整手段等にフィードバックさせ、レンズ間隔を調整することができる。自動レン
- 20   ズ調整手段は、各収差に応じて、投影レンズPLを構成する少なくとも一つのレンズ素子を光軸方向に微小移動させて、レンズ素子の間隔を変更する移動機構や、レンズ素子間の空気の圧力を調整する圧力調整機構等が挙げられる。これにより、自動的に投影光学系の波面収差を修正でき、結像特性を向上させることができる。

25      （第2実施形態）

第7図は、第2実施形態にかかる投影露光装置のステージ近傍の概略

構成を説明する図である。本実施形態において、第1実施形態にかかる投影露光装置の構成と同じ部分には同一の符号を付し、また重複する部分の構成図とその説明は省略する。

上記第1実施形態では、投影レンズPLの波面収差測定を露光装置上で、露光光源を用いて行うことができる。このとき、レチクルRの位置に点光源、即ちピンホールを備えた投影レンズ収差測定用のレチクルを用いることが望ましい。したがって、露光光源からのレーザビームIL2は、レチクルRのピンホールにより球面波からなる光に変換されることになる。ここで、投影レンズPLの波面収差の測定精度を向上させるにはピンホール径を小さくし、ピンホールで発生する球面波を理想球面波に近づければ良いが、ピンホール径が小さくなると透過光量が減少し、撮像面でコントラストが減少するため測定時間がかかることになる。また、投影レンズの波面収差の測定を行うときはピンホールを備えた投影レンズ収差測定用レチクルを使用し、通常のパターン露光を行うときは露光用レチクルを使用すると、収差測定又はパターン露光ごとにレチクルステージにレチクルの載せ換え、位置合わせ等をする必要があるのでスループットの低下を招くおそれがある。

本実施形態にかかる投影露光装置は上記問題に鑑みたものであり、第7図に示すように例えばレチクルステージ11が投影レンズ波面収差測定用のピンホールPHを有している。

回路パターンが形成されたレチクルRを用いて半導体デバイスを製造する手順は上記第1実施形態で述べた手順と同様であるのでその説明は省略する。次に、投影レンズPLの波面収差を測定する手順について説明する。投影レンズPLの波面収差を測定するときは、レチクルステージ制御部21が回路パターンが形成されたレチクルRを載置した状態のレチクルステージ11を駆動して、ピンホールPHを光軸AX上に移動

させ、ピンホールからの光を点光源として収差測定を行う。まず、波面収差測定装置のユニットUT（ユニットの構成は上記実施形態と同じ）がステージ13上にウェハホルダ12を介して載置される。次に、ユニットUT内のレンズL及びアパーチャAP、又は測定系Sが集光レンズLからの被検波面全体を走査するように、移動部MがレンズL及びアパーチャAP、又は測定系Sを駆動する。上述のように被検波面の各集光点の位置ずれを求め、演算処理装置PCで上述のような積分演算を行なう。ここで、投影レンズPLを透過した光の集光位置はウェハWH面と共役である。そして、得られた投影レンズPLの波面収差情報（コマ収差、非点収差、球面収差等）をレンズ制御部LCへフィードバックする。レンズ制御部LCは、波面収差情報に基づいて投影レンズPLを構成する各レンズ素子の間隔や、その間隔の空気の圧力を調整することで投影レンズPLを透過した波面の収差量を所定範囲内に抑える。なお、ユニットUTはウェハホルダ12又はステージ13上に直接的に着脱自在に設けられていても良く、又はステージ13に組み込まれている構成、さらにはステージ13の側面に着脱自在に設けられている構成でも良い。

また、本実施形態では、レチクルステージに設けられたピンホールを透過した光を光源として用いたが、これに限られるものではなく、レチクルステージに光源1からの光を拡散して透過させる領域、いわゆるレモンスキン状態に形成されている領域を設け、このレモンスキン領域を透過した光を波面収差測定用の光源としても良い。レモンスキン領域は、すりガラス状の拡散板と同様に透過光を拡散させる機能を有しており、この領域を透過した光は、複数の点光源から発せられた多数の球面波からなる略平行光とみなすことができる。また、ピンホール又はレモンスキン領域はレチクルステージに設けられている場合に限られず、第1実施形態と同様レチクルに設けられていても良い。

上述したように、ピンホール径を小さくすると、通過光量が減少するため測定時間は長くなるが、測定精度を高くすることができる。逆に、ピンホール径を大きくすると、ピンホールで発生する球面波の形状が理想球面波から遠ざかってしまい測定精度が低くなるが、通過光量が増加するため測定時間は短くできる。このため、レチクルステージ 11 又はレチクル R に複数の大きさのピンホールを形成しておき、目的とする測定精度により択一的に選択して使用する事が望ましい。例えば、投影露光装置のセッティングが既に完了し回路パターン露光が順次行われている場合は、投影レンズの光学特性（倍率や焦点位置などの結像特性や透過率の変動）等の経時変化を測定することが主目的となるので、投影レンズを所定回数だけ光が透過した時に適当な精度で、且つ短時間で波面測定を行うことが望ましい。また、投影レンズ又は投影レンズを構成する少なくとも一つのレンズ素子を他のレンズに交換した場合、光源波長を変化させた場合等は、時間をかけて高精度な波面測定を行うことが望ましい。このように、複数の大きさのピンホールを形成しておくことで、目的別に最適な大きさのピンホールを容易に選択することができる。また、本実施形態ではレチクルステージを照明するレーザビームとして露光光源を用いているが、他の光源及び他の照明光学系を別途設けても良い。

### 20      （第 3 実施形態）

第 8 図は、第 3 実施形態にかかる投影露光装置のステージ近傍の概略構成を示す図である。本実施形態において、第 1 実施形態にかかる投影露光装置の構成と同じ部分には同一の符号を付し、また重複する部分の構成図とその説明は省略する。

25      回路パターンが形成されたレチクル R を用いて半導体デバイスを製造する手順は上記第 1 実施形態で述べた手順と同様であるのでその説明は



省略する。次に、投影レンズP Lの波面収差測定を行う手順を説明する。

ウエハステージ制御部22は、ステージ13の側面に着脱機構Dを介して着脱自在に設けられた収差測定ユニットU T'に投影レンズP Lからの透過波面が入射するように、ウエハステージ13を駆動制御する。

- 5 収差測定ユニットU T'は、投影光学系P Lを通過したピンホールP Hで発生した球面波からなる光を集光するための複数のレンズ素子L'を2次元に配列した2次元レンズアレイと、複数のレンズ素子L'で集光された光の位置をそれぞれ検出するための集光位置検出部D E Tとから構成されている。また、上記第1実施形態と同様に波面収差測定ユニット
- 10 トとは、ピンホールP Hとパターンが形成されたマスクと2次元レンズアレイL'と集光位置検出部D E Tとを含む構成をいう。

- なお、上記実施形態で述べたようにピンホールに限られず、レチクルステージ11又はレチクルRが、ピンホールとレモンスキ領域とのいずれか一方を有していることが好ましい。さらに好ましくは、大きさの異なる複数のピンホールを備えており、上記第2実施形態と同様に測定
- 15 目的に応じて適宜ピンホールを選択できることが望ましい。このように、ピンホールとレモンスキ領域とのいずれか一方を有するステージ又はレチクルが収差測定光学系を構成する。

- 投影光学系P Lを透過した光は、コリメータレンズC Lにて平行光に変換される。そして、微小なレンズL'を2次元に配列した2次元レンズアレイに入射される。入射した光の被検波面が理想的な波面、即ち投影レンズに収差が無い場合の波面から偏差を有していると、該偏差は集光位置検出部D E T上で理想的な波面の集光位置に対し被検波面の集光位置が位置ずれとして現れる。演算処理部P Cは、2次元レンズアレイ
- 20 の個々のレンズL'の集光点の位置ずれに基づいて、投影レンズP Lの波面収差を算出する。
- 25



- このように、投影レンズP Lによる結像面のうち、一点において、理想波面の各集光点に対する被検波面の各測定点の位置ずれを測定することにより、投影レンズP Lの収差として、球面収差や非点隔差を求めることができる。また、ユニットU Tが投影レンズP Lによる結像面の複数点に移動するようにステージ制御部22でステージ13を駆動する。
- そして、投影レンズP Lの結像面内における複数点のそれぞれにおいて、理想波面の各集光点に対する被検波面の各測定点の位置ずれを測定し、それら各測定結果から、投影レンズP Lの収差として、コマ収差、像面湾曲、ディストーション、非点収差を求めることができる。
- そして、得られた投影レンズP Lのコマ収差、像面湾曲、ディストーション、非点収差等の波面収差情報をレンズ制御部L Cへフィードバックする。レンズ制御部L Cは、この波面収差情報に基づいて投影レンズP Lを構成する各レンズ素子の間隔や、その間隔の空気の圧力を調整することで投影レンズP Lを透過した波面の収差量を所定範囲内に抑える。
- なお、ユニットU T'はウエハホルダ12又はステージ13上に着脱自在に設けられていても良く、又はステージ13に組み込まれている構成、さらにはステージ13近傍に設けられている構成でも良い。

- また、上記各実施形態において、集光位置検出部D E Tの測定分解能と、移動部M又はウエハステージ13の位置制御精度を高くすることで、投影レンズP Lの収差測定精度を向上させることができる。例えば、集光位置検出部の検出分解能が10～20  $\mu$ mの場合は、5mm×5mmの領域を露光する投影露光装置ではウエハステージ13を1mmピッチで制御すれば十分である。

- また、第1実施の形態において、アパーチャA Pの開口面積を可変としても良い。このとき、開口部を絞った方が、分解能が向上するので測定精度が高くなる。

- 各実施の形態は必要に応じて組み合わせることも可能である。各実施の形態で、波面収差測定装置をステージ 1 3 に着脱可能に構成したが、この着脱機構としては、ステージ 1 3 に切欠き部を設け、その切欠き部に係合する係合部を測定装置に設けて着脱可能としてもよい。さらに、測定装置をステージ 1 3 に着脱可能とする際、測定装置全体の代わりにその一部、例えばコリメータレンズ CL、レンズ L を着脱自在とし、検出部 DET をステージ 1 3 に固定しても良い。また、逆に例えばコリメータレンズ CL、レンズ L をステージ 1 3 に固定し、検出部 DET を着脱自在にしても良い。
- 10 各実施の形態では、投影レンズ PL の波面収差を露光装置に組込んだ状態で測定したが、露光装置に組み込む前に測定しても良い。波面収差を測定するタイミングとしては、ウエハ交換毎、レチクル交換毎、または予め設定した所定時間毎のいずれでもよく、これら以外のタイミングであってもよい。その際の測定精度を選択できることは上述した通りである。
- 15 20 25 各実施の形態では、収差を測定する光源として、露光光源を使用した。また、別の光源を用いてもよい。露光光源としては、g 線 (436 nm)、i 線 (365 nm)、KrF エキシマレーザ (248 nm)、ArF エキシマレーザ (193 nm)、F<sub>2</sub> レーザ (157 nm) や、金属蒸気レーザや YAG レーザの高調波を用いてもよい。
- なお、本実施形態の露光装置として、マスクと基板とを同期移動してマスクのパターンを露光する走査型の露光装置 (USP 5, 473, 410)、またはマスクと基板とを静止した状態でマスクのパターンを露光し、基板を順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート型の露光装置に適用することができる。露光装置の用途としては半導体製造用の露光装置に限定されることなく、例えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを露光する液晶用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド

を製造するための露光装置にも広く適当できる。

被検光学系としての投影レンズの倍率は、縮小系のみならず等倍および拡大系のいずれでもよい。投影レンズとしては、エキシマレーザなどの遠紫外線を用いる場合は硝材として石英や蛍石などの遠紫外線を透過する材料を用い、F<sub>2</sub>レーザやX線を用いる場合は反射屈折系または屈折系5の光学系にすればよい（レチクルも反射型タイプのものを用いる）。

エキシマレーザとして、遠紫外線を用いる場合は、光源と基板との間の光路を不活性ガスでパージする。このように、遠紫外線を用いる場合は、本実施の形態の波面収差測定装置のユニットUT内も不活性ガスで10パージすればよい。不活性ガスとして、ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン等の不活性ガスを用いてもよい。露光光の波長が酸素に吸収されない波長（例えば、i線やKrF等）の場合は、化学的にクリーンなドライエア（レンズの曇りの原因となる物質、例えば、クリーンルーム内を浮遊するアンモニウムイオン等が除去されたエア、又は湿度が5%以下のエア）を用いてもよい。15

以上のように、本実施形態の露光装置や収差測定装置は、本願特許請求の範囲（claims）に挙げられた各構成要素（element）を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この20組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。25この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシ

5 テムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。また、半導体デバイスは、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、この設計ステップに基づいたレチクルを制作するステップ、シリコン材料からウエハを制作するステップ、前述した実施例の露光装置によりレチクルのパターンをウエハに露光するステップ、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）、検査ステップ等を経て製造される。

10

#### 産業上の利用の可能性

以上説明したように、請求の範囲 1 記載の発明では、所定面上における開口絞りを通過した光束の一部の集光位置の位置ずれを検出する集光位置検出部を有し、開口絞りを光軸と交差させる方向に移動させている。  
15 したがって、干渉計又は 2 次元レンズアレイを用いなくとも、小型で簡便な構成で被検光学系の収差を高精度に測定できる。

請求の範囲 2 記載の発明では、集光レンズは前記光束の一部を集光し、移動部は集光レンズと開口絞りとを一体として光束の光軸と交差する方向に移動させている。したがって、集光レンズは小型なレンズで良いため製造容易であり、コストも安く済む。さらに、常に小型な集光レンズの全面を使用して集光するので、該集光レンズ自身の収差の影響による測定誤差を低減できる。  
20

請求の範囲 3 記載の発明では、半導体デバイス等を製造するための投影露光装置に用いられるレンズの波面収差を簡便に測定できる。

25 請求の範囲 4 記載の発明では、ピンホールパターンを透過してきた球面波を用いて正確かつ迅速な収差測定を行うことができる。

請求の範囲 5 記載の発明では、所定の回路パターンを有するレチクルを照明する照明光学系からの光を使用できる。

請求の範囲 6 記載の発明では、干渉計又は 2 次元レンズアレイを用いなくても、小型で簡便な構成で被検光学系の収差を高精度に測定できる。

- 5 請求の範囲 7 記載の発明では、集光レンズは小型なレンズで良いため製造容易であり、コストも安く済む。さらに、常に小型な集光レンズの全面を使用して集光するので、該集光レンズ自身の収差の影響による測定誤差を低減できる。

- 10 請求の範囲 8 記載の発明では、半導体デバイス等を製造するための投影露光装置に用いられる投影光学系の波面収差を簡便に測定できる。

請求の範囲 9 記載の発明では、ピンホールパターンを透過してきた球面波を用いて正確かつ迅速な収差測定を行うことができる。

- 15 請求の範囲 10 記載の発明では、所定の回路パターンの像を基板上に形成する投影光学系の収差を、干渉計又は 2 次元レンズアレイを用いなくても、小型で簡便な構成で被検光学系の収差を高精度に測定できる。

請求の範囲 11 記載の発明では、収差測定用の光を発生する発生部材を用いることで、正確かつ迅速に投影光学系の収差測定を行うことができる。

- 20 請求の範囲 12 記載の発明では、ピンホールを通過してきた球面波により、正確かつ迅速に投影光学系の収差測定を行うことができる。

請求の範囲 13 記載の発明では、透過部材を拡散して透過してきた多数の球面波からなる実質的な平行光により、正確かつ迅速に投影光学系の収差測定を行うことができる。

- 25 請求の範囲 14 記載の発明では、半導体デバイス等を製造するための投影露光装置に用いられる投影光学系の波面収差を簡便に測定できる。

請求の範囲 15 記載の発明では、ピンホールパターンを透過してきた

球面波を用いて正確かつ迅速な収差測定を行うことができる。

請求の範囲 1 6 記載の発明では、収差測定結果に基づいて、制御部により投影光学系のレンズ間隔などを調整することで、投影光学系の波面収差を修正して、結像特性を向上させることができる。

- 5 請求の範囲 1 7 記載の発明では、投影露光装置の、例えばウエハステージ上に波面収差測定装置を設置するのみで、簡便に投影光学系の収差を測定できる。また、露光装置の光源をそのまま使用できるので装置も小型化できる。

- 10 請求の範囲 1 8 記載の発明では、干渉計又は 2 次元レンズアレイを用いなくても、小型で簡便な構成で投影光学系の収差を高精度に測定できるので、結像性能を向上させることができ、高解像なデバイスを製造できる。

- 15 請求の範囲 1 9 記載の発明では、半導体デバイス等を製造するための投影露光装置に用いられる投影光学系の波面収差を簡便に測定できるので、結像性能を向上させることができ、高解像なデバイスを製造できる。

請求の範囲 2 0 記載の発明では、収差測定用の光を発生する発生部材を用いることで、正確かつ迅速に投影光学系の収差測定を行うことができるので、スループットが向上した露光を行うことができる。

- 20 請求の範囲 2 1 記載の発明では、投影光学系の収差を簡便に測定し、測定結果に基づいて投影光学系の収差を補正できるので、結像性能の良い露光方法を提供できる。

請求の範囲 2 2 記載の発明では、投影光学系の波面収差を簡便に測定し、測定結果に基づいて投影光学系の波面収差を補正できるので、結像性能の良い露光方法を提供できる。

- 25 請求の範囲 2 3 記載の発明では、半導体デバイス等を製造するための露光装置において収差測定装置を着脱自在に保持できるので、収差測定



時にのみ取り付けること、又は収差測定装置を交換することが容易である。

請求の範囲 2 4 記載の発明では、収差測定光学系と測定ユニットとを露光装置に対して簡便に着脱できる。

- 5 請求の範囲 2 5 記載の発明では、マスクをマスクステージに対して、測定ユニットを基板ステージに対して簡便に着脱できる。

請求の範囲 2 6 記載の発明では、ピンホールパターンを有するマスクを簡便に着脱できるので、収差測定に適切なピンホール径を容易に選択できる。

- 10 請求の範囲 2 7 記載の発明では、投影露光装置の、例えばウエハステージ上に波面収差測定装置を設置するのみで、簡便に投影光学系の収差を測定できる。また、露光装置の光源をそのまま使用できるので収差測定装置を小型化できる。

- 15 請求の範囲 2 8 記載の発明では、マスクステージに設けられた収差測定光学系からの光により、正確かつ迅速に投影光学系の収差測定を行うことができる。また、測定ユニットを基板ステージに対して簡便に着脱できる。

- 20 請求の範囲 2 9 記載の発明では、収差測定光学系からの光を用いて、投影露光装置のウエハステージに測定ユニットを取り付けるのみで、簡便に投影光学系の収差を測定できる。また、露光装置の光源をそのまま使用できるので装置も小型化できる。

請求の範囲 3 0 記載の発明では、測定ユニットを取り外すことで、基板ステージの軽量化を図ることができる。

- 25 請求の範囲 3 1 記載の発明では、回路パターンを転写する前に投影光学系の収差測定を行うので、正確なパターン転写を行うことができる。

請求の範囲 3 2 記載の発明では、回路パターンを転写する前に投影光



学系の収差測定を行うので、正確に高精度なデバイスを製造できる。

## 請求の範囲

1. 被検光学系を通過した光束を所定面上に集光させる集光レンズと、  
前記光束の一部を通過させるための開口絞りと、  
5 前記開口絞りを前記光束の光軸と交差する方向に移動させる移動部と、  
前記所定面上における前記開口絞りを通過した光束の一部の集光位置  
の位置ずれを検出する集光位置検出部と、  
前記集光位置検出部からの出力信号に基づいて前記被検光学系の収差  
を算出する演算処理部と、  
10 を有することを特徴とする収差測定装置。
2. 前記集光レンズは前記光束の一部を集光し、前記移動部は前記集光  
レンズと前記開口絞りとを一体として前記光束の光軸と交差する方向に  
移動させることを特徴とする請求の範囲 1 に記載の収差測定装置。  
15
3. マスクに形成された所定の回路パターンの像を基板上に転写する投  
影光学系の収差を測定する収差測定装置において、  
前記投影光学系に収差測定用の光を射出する収差測定光学系と、  
前記投影光学系を通過した収差測定用の光を集光する複数のレンズ素  
20 子と、  
前記複数のレンズ素子で集光された光の位置をそれぞれ検出する集光  
位置検出部と、  
前記集光位置検出部で検出された前記光の位置に基づいて、前記投影  
光学系の収差を測定する測定部とを有することを特徴とする収差測定装  
25 置。

4. 前記収差測定光学系は、前記所定の回路パターンが形成されたマスクと略同じ位置に配置され、ピンホールパターンを備える収差測定用マスクと、前記収差測定用マスクを照明する照明光学系とを備えることを特徴とする請求の範囲 3 に記載の収差測定装置。

5

5. 前記照明光学系は、前記所定の回路パターンを照明する照明光学系であることを特徴とする請求の範囲 4 に記載の収差測定装置。

10

6. 被検光学系を通過した光束を集光レンズにより所定面上に集光させる集光工程と、

前記光束の一部を開口絞りにより通過させる工程と、

前記開口絞りを前記光束の光軸と交差する方向に移動させる移動工程と、

15

前記所定面上における前記開口絞りを通過した光束の一部の集光位置の位置ずれを集光位置検出部により検出する集光位置検出工程と、

前記集光位置検出工程で得られた出力信号に基づいて前記被検光学系の収差を算出する演算処理工程と、  
からなることを特徴とする収差測定方法。

20

7. 前記集光工程では前記光束の一部を集光し、前記移動工程では、前記集光レンズと前記開口絞りとを一体として前記光束の光軸と交差する方向に移動させることを特徴とする請求の範囲 6 に記載の収差測定方法。

25

8. マスクに形成された所定の回路パターンの像を基板上に形成する投影光学系の収差を測定する収差測定方法において、

前記投影光学系を通過した収差測定用の光を複数のレンズ素子で集光

し、

前記複数のレンズ素子で集光された光の位置をそれぞれ検出し、  
検出された前記光の位置に基づいて、前記投影光学系の収差を測定することを特徴とする収差測定方法。

5

9. 前記収差測定用の光は、前記マスクが配置される位置と略同じ位置に配置された収差測定用マスク上のピンホールパターンからの光であることを特徴とする請求の範囲 8 に記載の収差測定方法。

10

10. 所定の回路パターンを照明する照明光学系と、  
照明された該回路パターンの像を基板上に形成する投影光学系と、  
該投影光学系の収差を測定するための請求の範囲 1 に記載の収差測定装置とを有することを特徴とする投影露光装置。

15

11. 所定の回路パターンを有するマスクを照明する照明光学系と、  
前記マスクを支持するステージと、  
照明された該回路パターンの像を基板上に形成する投影光学系と、  
該投影光学系の収差を測定するための請求の範囲 1 に記載の波面収差測定装置とを有し、

20

前記ステージ又は前記マスクは前記投影光学系に対して収差測定用の光を発生する発生部材を備えていることを特徴とする投影露光装置。

25

12. 前記発生部材は、前記照明光学系からの光を球面波に変換するピンホールパターンであることを特徴とする請求の範囲 11 に記載の投影露光装置。

1 3. 前記発生部材は、前記照明光学系からの光を拡散して透過させる透過部材であることを特徴とする請求の範囲 1 1 に記載の投影露光装置。

1 4. マスクに形成された回路パターンの像を基板上に転写する投影光学系とを備える投影露光装置において、

前記投影光学系に収差測定用の光を射出する収差測定光学系と、

前記投影光学系を通過した前記収差測定用の光を集光するための複数のレンズ素子と、

前記複数のレンズ素子で集光された光の位置をそれぞれ検出するための集光位置検出部とを備えることを特徴とする投影露光装置。

1 5. 前記収差測定光学系は、前記所定の回路パターンが形成されたマスクと略同じ位置に配置され、ピンホールパターンを備える収差測定用マスクと、前記収差測定用マスクを照明する照明光学系とを備えることを特徴とする請求の範囲 1 4 に記載の投影露光装置。

1 6. 前記集光位置検出部からの検出結果に基づいて前記投影光学系を構成する少なくとも一の光学部材の位置を制御する制御部とを有することを特徴とする請求の範囲 1 4 に記載の投影露光装置。

20

1 7. 前記基板を保持する基板ステージ部を有し、前記複数のレンズ素子及び前記集光位置検出部の少なくとも一方は、前記基板ステージ部に着脱自在に設けられていることを特徴とする請求の範囲 1 4 に記載の投影露光装置。

25

1 8. 所定の回路パターンを投影光学系を用いて基板に転写する工

程を含むデバイス製造方法であって、

請求の範囲 6 に記載の収差測定方法を用いて前記投影光学系の収差を測定する工程とを含むことを特徴とするデバイス製造方法。

- 5    19. 所定の回路パターンの像を投影光学系を用いて基板に転写する工程を含むデバイス製造方法であって、

請求の範囲 8 に記載の収差測定方法を用いて前記投影光学系の収差を測定する工程とを含むことを特徴とするデバイス製造方法。

- 10   20. 前記所定の回路パターンを請求の範囲 11 に記載の投影露光装置により前記基板上に投影露光することを特徴とする露光方法。

21. 所定の回路パターンの像を投影光学系を用いて基板に転写する露光方法において、

- 15    前記基板に前記回路パターンを転写する前に、  
前記投影光学系に収差測定用の光を入射し、  
前記投影光学系を通過した収差測定用の光を複数のレンズ素子で集光し、  
前記複数のレンズ素子で集光された光の位置をそれぞれ検出し、  
20    検出された前記光の位置に基づいて、前記投影光学系の収差を測定し、  
測定された収差に基づいて、前記投影光学系の収差を補正することを  
特徴とする露光方法。

22. 前記収差は、前記投影光学系の波面収差であることを特徴とする  
25   請求の範囲 21 に記載の露光方法。

23. マスクに形成されたパターンの像を基板上に転写する投影光学系を備える露光装置において、請求の範囲3に記載の収差測定装置を着脱可能に保持する保持機構を備えることを特徴とする露光装置。

- 5 24. 前記保持機構は、前記収差測定光学系を保持する第1の保持部材と、

前記複数のレンズ素子、前記集光位置検出部及び前記測定部を備えた測定ユニットを保持する第2の保持部材とを有することを特徴とする請求の範囲23に記載の露光装置。

10

25. 前記第1の保持部材は、前記マスクを保持するマスクステージであり、

前記第2の保持部材は、前記基板を保持する基板ステージであることを特徴とする請求の範囲24に記載の露光装置。

15

26. 前記収差測定光学系は、収差測定用のピンホールパターンが形成された測定用マスクであることを特徴とする請求の範囲24に記載の露光装置。

- 20 27. マスクに形成されたパターンの像を基板上に転写する投影光学系の収差を測定する収差測定装置において、

前記マスクを保持するマスクステージ、前記投影光学系及び前記基板を保持する基板ステージを備える露光装置に着脱可能に設けられる測定ユニットを有し、

- 25 前記測定ユニットは、前記投影光学系を通過した収差測定用の光を集光する複数のレンズ素子と、前記レンズ素子で集光された光の位置をそ



れぞれ検出する集光位置検出部と、前記集光位置検出部で検出された前記光の位置に基づいて、前記投影光学系の収差を測定する測定部とを備えることを特徴とする収差測定装置。

- 5 28. 前記投影光学系に収差測定用の光を射出する収差測定光学系を有し、

前記測定ユニットは、前記基板ステージに着脱可能に保持され、

前記収差測定光学系は、前記マスクステージに設けられることを特徴とする請求の範囲27に記載の収差測定装置。

10

29. マスクに形成されたパターンの像を基板上に転写する露光装置が備える投影光学系の収差測定方法において、

- 前記マスクと略同じ位置に、収差測定用の光を前記投影光学系に射出する収差測定光学系を配置し、前記基板を保持する基板ステージに、前記投影光学系を通過した収差測定用の光を集光する複数のレンズ素子と、  
15 前記レンズ素子で集光された光の位置をそれぞれ検出する集光位置検出部と、前記集光位置検出部で検出された前記光の位置に基づいて、前記投影光学系の収差を測定する測定部とを備える測定ユニットを取り付けることを特徴とする収差測定方法。

20

30. 前記投影光学系に収差測定用の光を射出した後に、前記収差測定光学系を取外し、

前記投影光学系の収差を測定した後に、前記測定ユニットを前記基板ステージから取外すことを特徴とする請求の範囲29に記載の収差測定方法。  
25

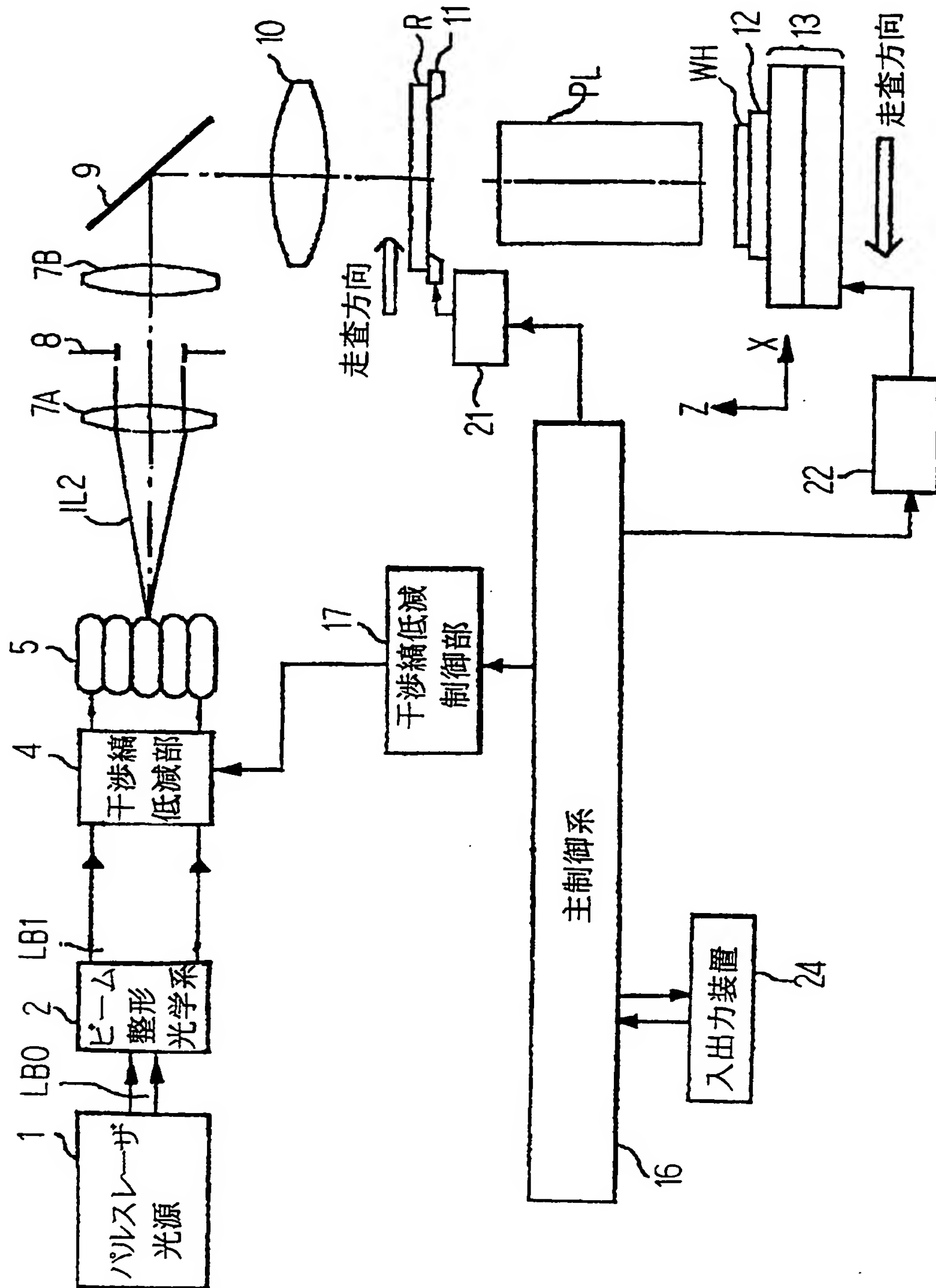
3 1. 所定の回路パターンの像を投影光学系を用いて基板に転写する露光方法において、

前記基板に前記回路パターンを転写する前に、請求の範囲 2 9 に記載の収差測定方法を用いて、前記投影光学系の収差を測定することを特徴とする露光方法。

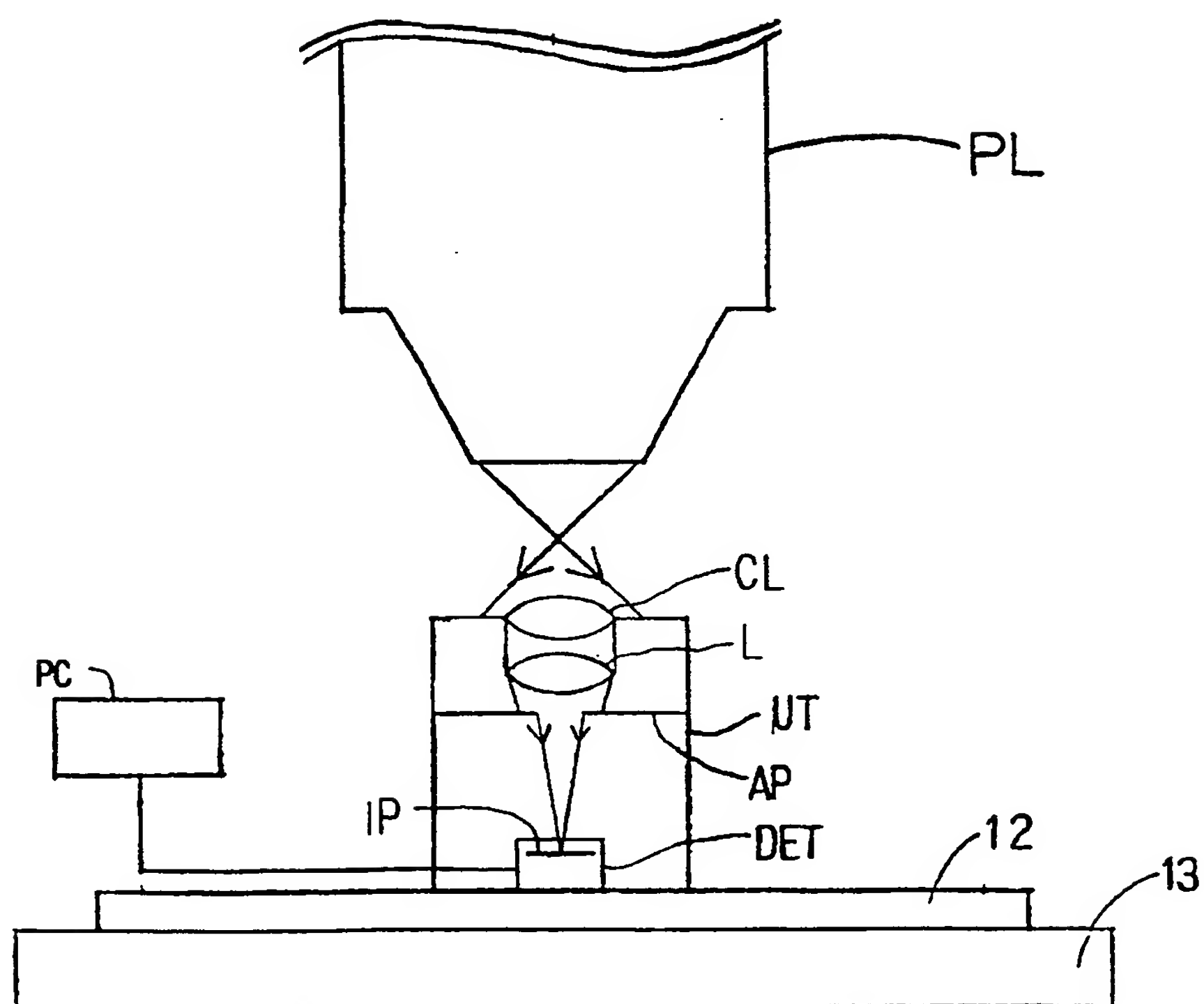
3 2. 所定の回路パターンを投影光学系を用いて基板に転写する工程を含むデバイス製造方法において、

前記基板に前記回路パターンを転写する前に、請求の範囲 2 9 に記載の収差測定方法を用いて、前記投影光学系の収差を測定する工程を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

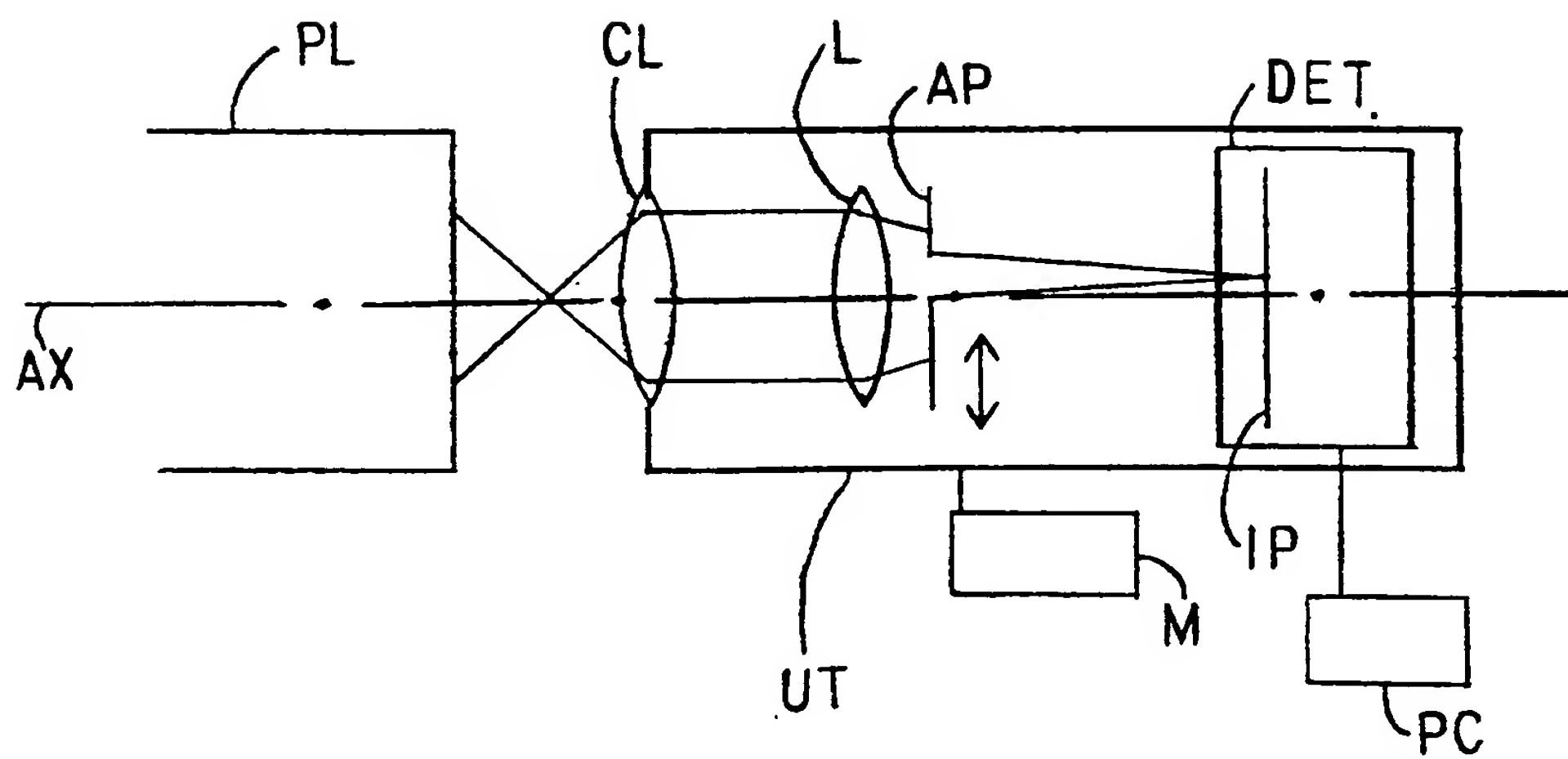
第 1 図



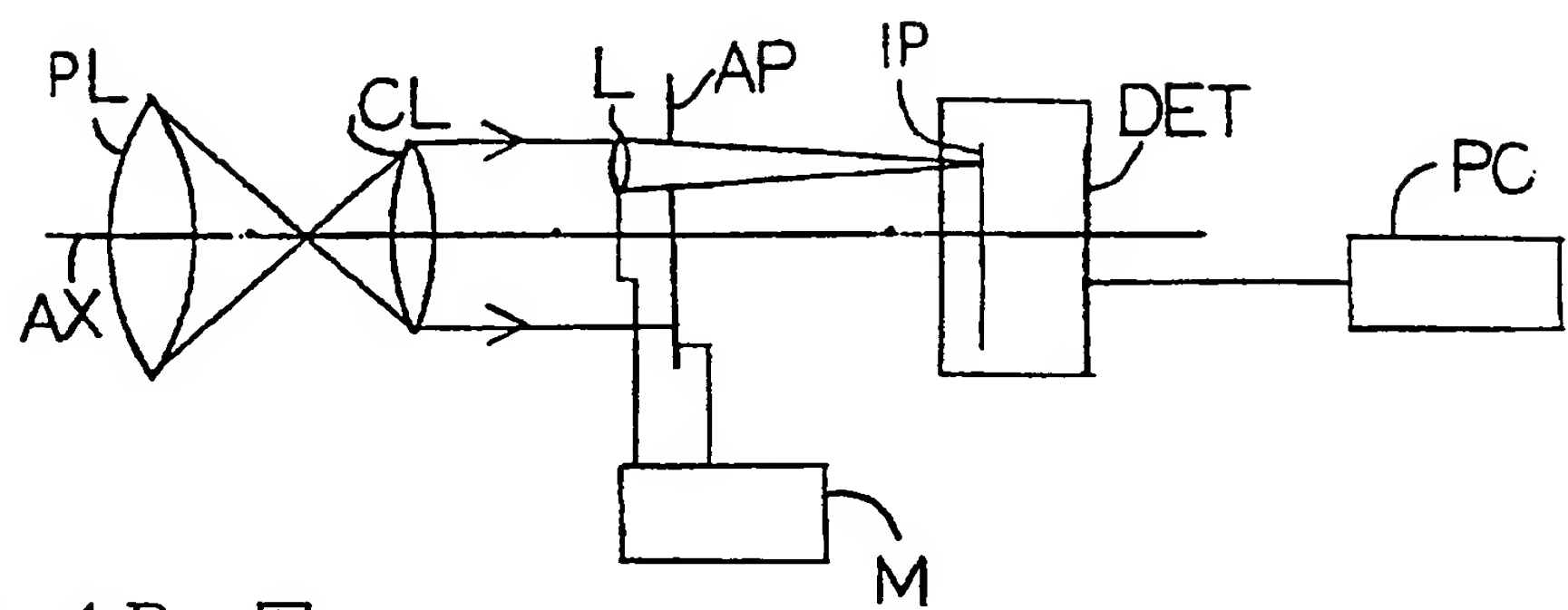
第 2 図



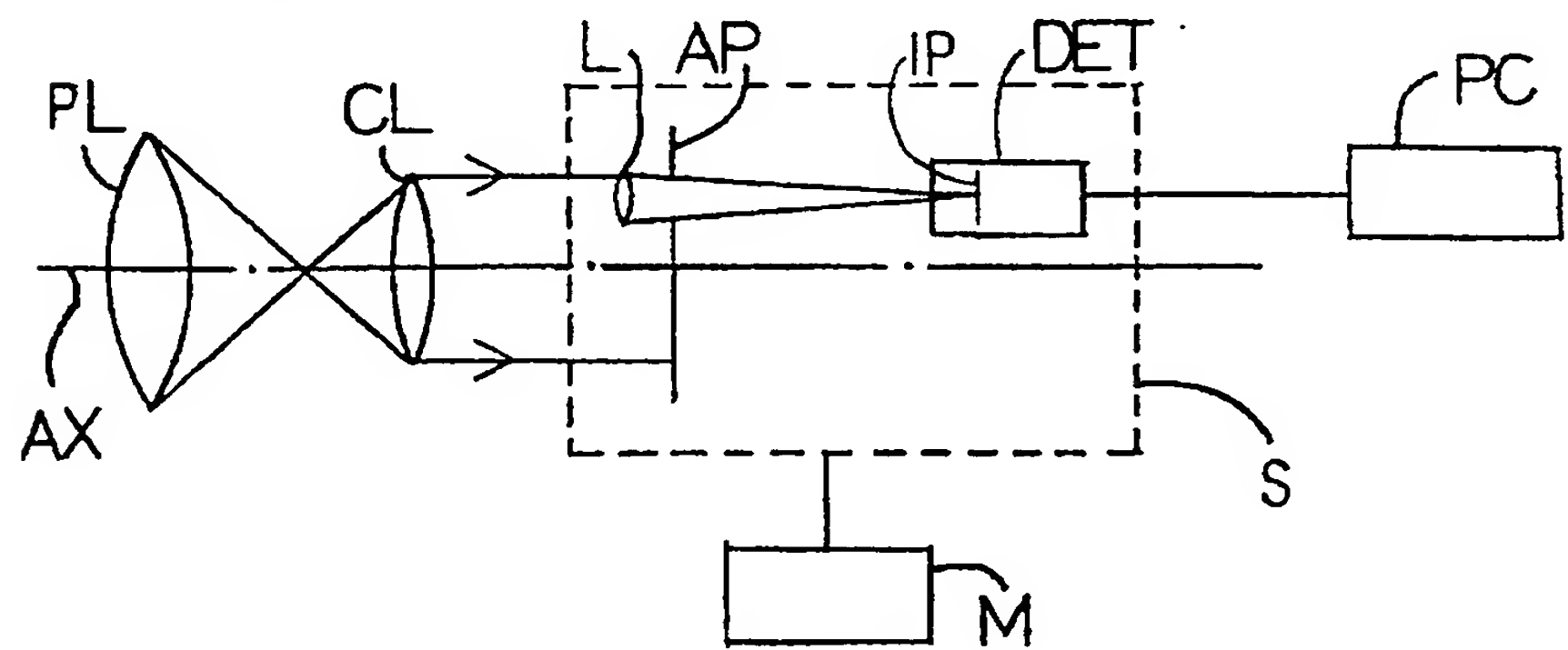
第 3 図



第 4 A 図

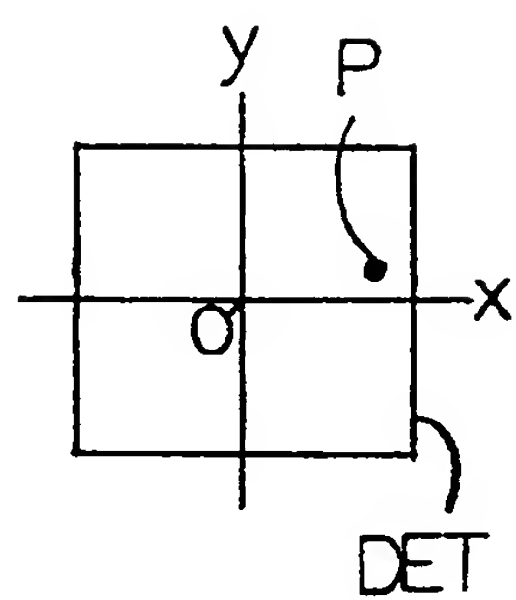


第 4 B 図

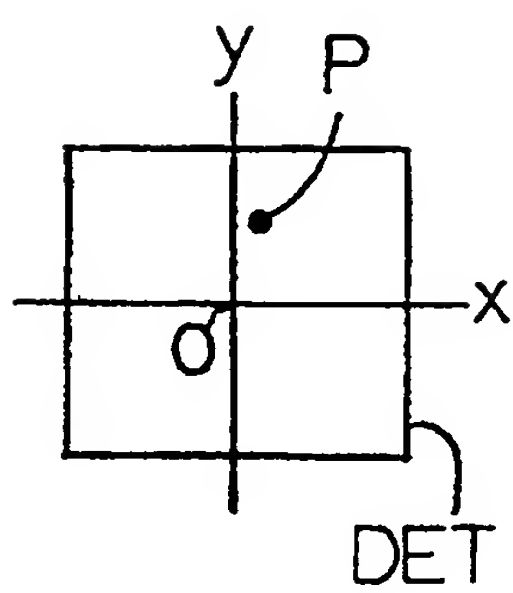




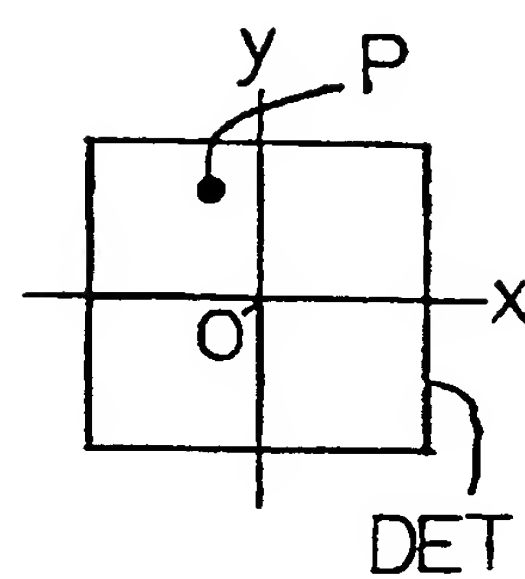
第 5 A 図



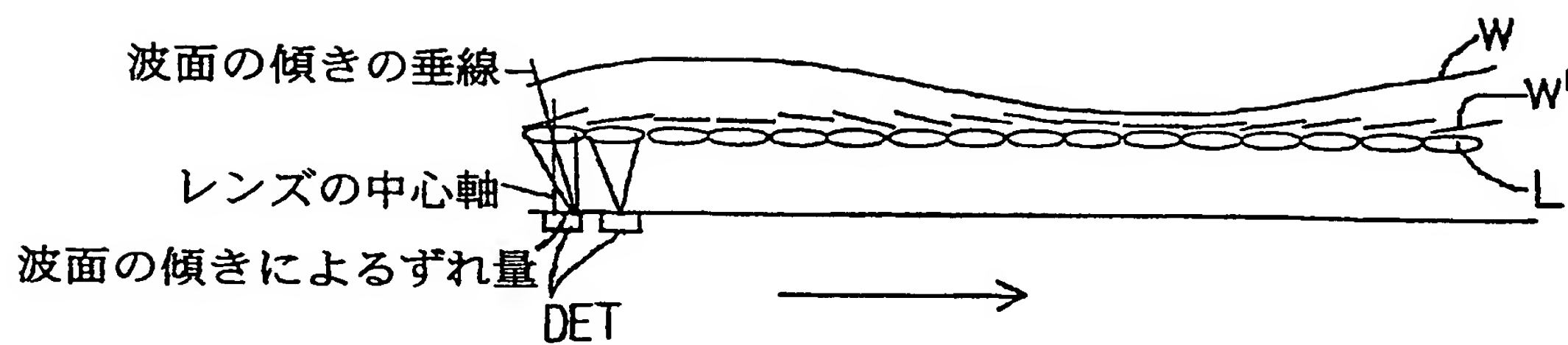
第 5 B 図



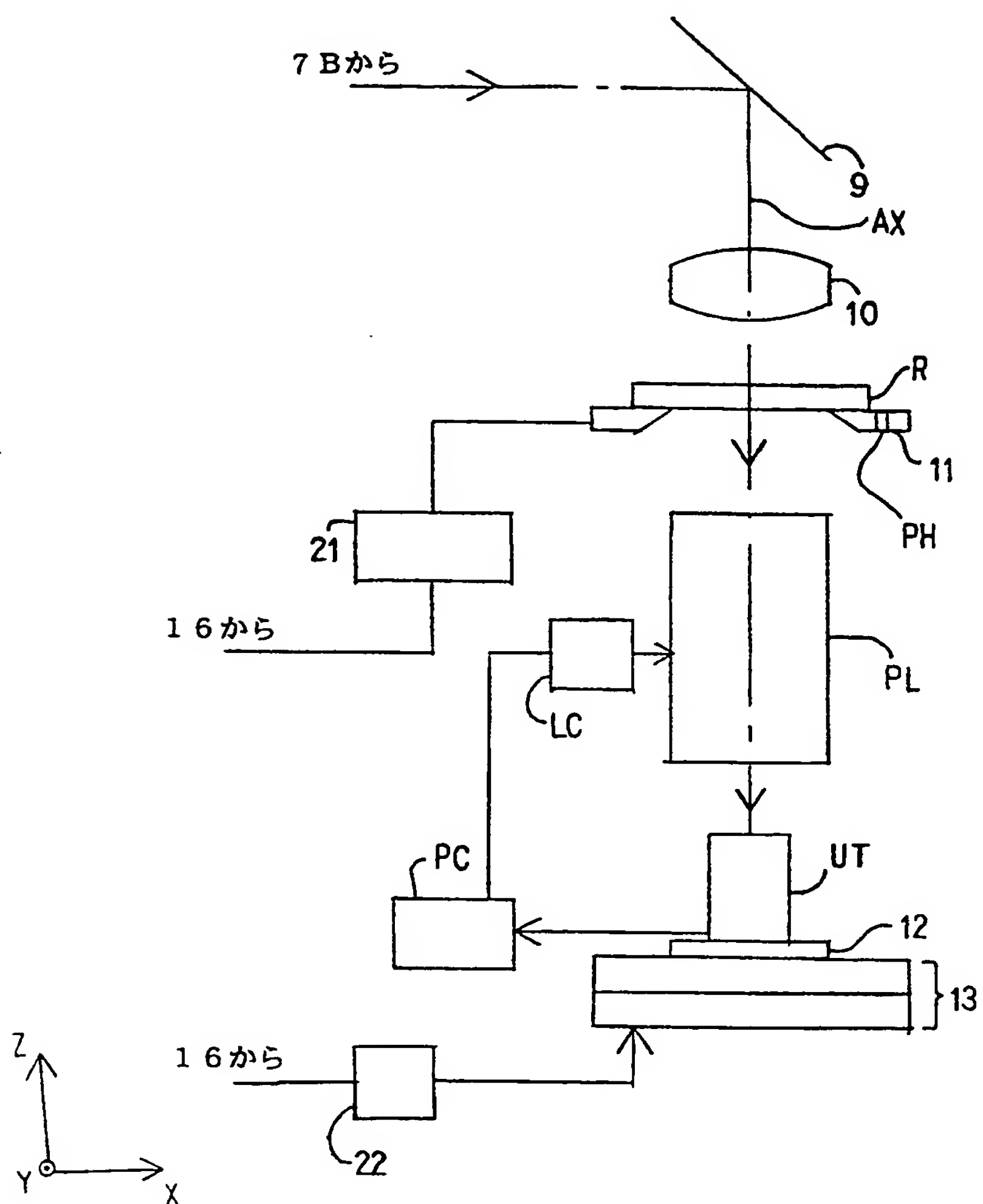
第 5 C 図



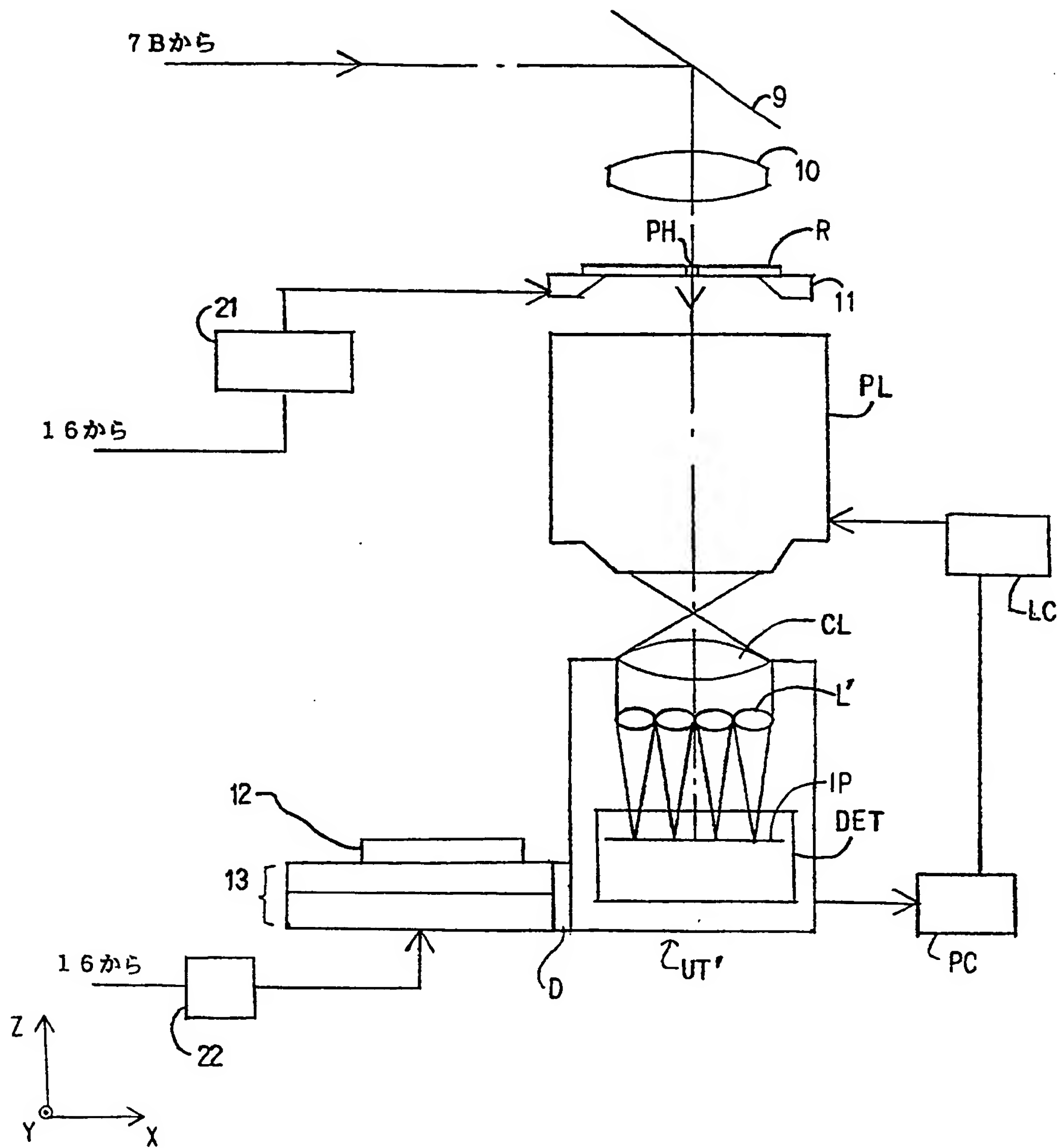
## 第 6 図



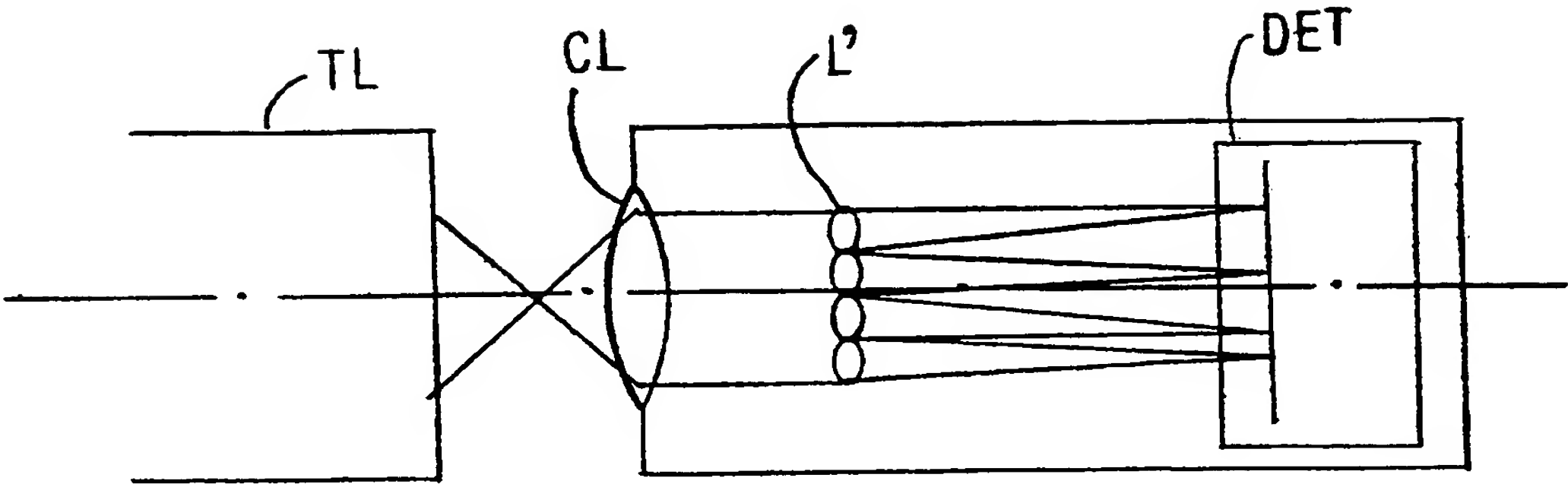
第 7 図



第 8 図



第 9 図



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/02608

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>6</sup> G01M11/02, H01L21/027

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>6</sup> G01M11/00-02, H01L21/027

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1999  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1999 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1999

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
JICST

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP, 9-49781, A (Nikon Corp.), 18 February, 1997 (18. 02. 97), Full text ; Figs. 1 to 8 Full text ; Figs. 1 to 8 & US, 5680200, A & US, 5754299, A	1-23, 27-32  24-26
Y	JP, 2-238338, A (Hitachi, Ltd.), 20 September, 1990 (20. 09. 90), Full text ; Figs. 1 to 4, 6 to 8 (Family: none)	1-23, 27-32
Y A	JP, 10-92722, A (Nikon Corp.), 10 April, 1998 (10. 04. 98), Par. No. [0015] ; Figs. 1 to 12 Full text ; Figs. 1 to 12 & EP, 833193, A	17, 23, 27-32 24-26

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
---	--

Date of the actual completion of the international search  
17 August, 1999 (17. 08. 99)

Date of mailing of the international search report  
24 August, 1999 (24. 08. 99)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP99/02608

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl <sup>6</sup> G01M11/02, H01L21/027		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl <sup>6</sup> G01M11/00-02, H01L21/027		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1922-1996年		
日本国公開実用新案公報 1971-1999年		
日本国登録実用新案公報 1994-1999年		
日本国実用新案登録公報 1996-1999年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
JICST		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	JP, 9-49781, A (株式会社ニコン) 18. 2月. 1997 (18. 02. 97) 全文, 第1-8図 全文, 第1-8図 & US, 5680200, A & US, 5754299, A	1-23, 27-32  24-26
Y	JP, 2-238338, A (株式会社日立製作所) 20. 9月. 1990 (20. 09. 90) 全文, 第1-4, 6-8図 (ファミリーなし)	1-23, 27-32
Y A	JP, 10-92722, A (株式会社ニコン) 10. 4月 1998 (10. 04. 98) 段落番号【0015】, 第1-12図 全文, 第1-12図 & EP, 833193, A	17, 23, 27-32 24-26
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー		
「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの		
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの		
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)		
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献		
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの		
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの		
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの		
「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 17. 08. 99	国際調査報告の発送日 24.08.99	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 居島 一仁 電話番号 03-3581-1101 内線 3250	2J 9205